

1단용 액체로켓엔진 후류의 물분사 방식에 따른 수치적 냉각 성능 평가

문윤완* · 김승한** · 설우석***

Numerical Evaluation of Cooling Performance of 1st Stage Liquid Rocket Engine Plume by Water Injection Types

Yoonwan Moon* · Seung-Han Kim** · Woo-Seok Seol***

ABSTRACT

Numerical studies were performed to investigate an effective water cooling type for reducing the thermal load of deflector in test facility with two cooling types and various mass flow rate conditions. According to analyses a core water injection type was superior to a side water injection from the viewpoint of reducing the thermal load of deflector.

초 록

1단용 액체로켓엔진 후류 때문에 발생하는 유도로의 열적 부하를 감소시키기 위한 방법 중 물분사 방식의 효과적인 냉각 성능을 고찰하기 위해 두 가지 방법과 다양한 물분사 조건에 대해 수치적 계산을 수행하였다. 중앙분사 방식이 측면분사 방식보다 보다 효과적으로 후류를 냉각시켜 유도로의 열적 부하를 감소시킴을 알 수 있었다.

Key Words: Liquid Rocket Engine(액체로켓엔진), Plume(후류), Water Injection(물분사), Computational Fluid Dynamics(전산유체역학), Deflector(유도로)

1. 서 론

로켓엔진의 후류는 엔진 연소실의 고압 연소의 결과물로서 고속 노즐을 지난 연소 가스가 초음속으로 변화되면서 발생하는, 열에너지가 운동에너지로 바뀌면서 추력을 내는 현상이다. 이

는 화학로켓엔진에서는 없앨 수 없으며 반드시 존재한다. 액체로켓엔진의 연소실에서의 온도는 전온도 기준으로 3500K이므로 후류의 온도도 손실이 없다고 가정한다면, 3500K이 된다. 이러한 고온의 후류로부터 발사대 및 발사체를 보호하기 위해 후류 유도로(plume deflector)를 설치하는데, 이때 후류 온도를 낮추기 위해 물분사를 적용한다. 발사대 유도로는 매우 짧은 시간 고온의 후류에 노출되지만 엔진 시험 설비의 경우 짧게는 수초에서 몇 분까지 장시간 노출된다. 이

* 한국항공우주연구원 발사체엔진팀
연락처, E-mail: ywmoon@kari.re.kr

** 한국항공우주연구원 발사체엔진팀

*** 한국항공우주연구원 발사체엔진팀

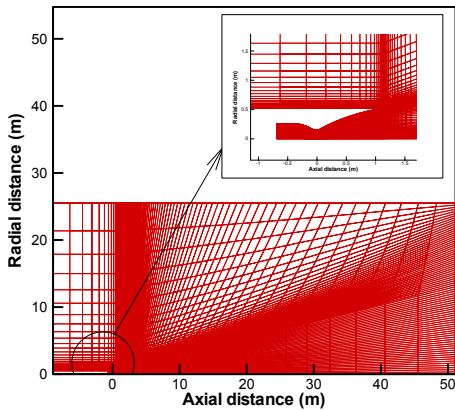


Fig. 1 Computed domain and grid

때 물분사는 유도로 보호측면에서 매우 중요한 역할을 한다. 물분사 방식은 가장 많이 사용하는 측면 분사 방식과 러시아에서 주로 사용하는 중앙 분사 방식이 있다. 본 연구에서는 두 방식에 대해 수치적인 해석을 통해 비교하여 각 방식의 특성을 고찰하였다.

2. 해석 방법 및 조건

분무가 존재하는 후류 유동장을 계산하기 위해 상용프로그램인 Fluent[1]을 사용하였다. 분무 모델을 적용하기 위해서는 천이계산을 수행하여야 하지만 본 연구에서는 냉각수 유량에 따른 냉각 성능의 상대평가를 위한 것이므로 정상상태에 대해 계산하였고 또한 2차원 축대칭 계산을 수행하였다. 계산 격자는 Fig. 1에 있듯이 노즐出口的 축방향 50De, 반경방향 25De로 충분한 거리를 두었다. 격자 개수는 약 15500 여개이며 필요에 따라 주요 위치에 격자밀집을 시켰다.

계산조건은 각각 추진제 대비 물유량이 1.0~5.0까지이며, 차압은 약 10bar에서 최대 40bar까지 사용하였다.

3. 결 과

Figure 2는 물분사 차압 10bar에서 측면분사와 중앙분사를 했을 경우에 대해 노즐 출구 하류

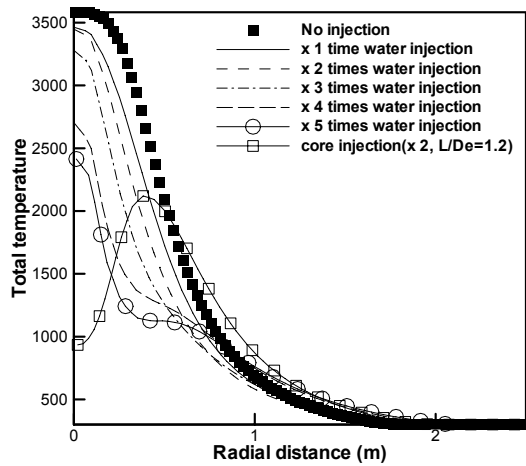


Fig. 2 Radial-direction total temperature distributions nozzle exit 10m downstream according to various water mass flow rates(side and core injection)

$L/De=10$ 에서의 반경방향 전온도 분포를 나타낸다. 그림에서 보면 측면분사의 경우 물의 유량이 증가할수록 전온도가 감소하는 경향을 보이고 또한 추진제 대비 약 5배의 물분사가 이뤄졌을 경우 효과를 보이나, 중앙분사의 경우 약 2배에서 측면분사보다 효과적인 후류냉각 효과를 보여주고 있다. 이는 측면분사가 매우 유속이 빠르고 고온인 후류로 침투하지 못하기 때문인 것으로 생각되며 이를 개선하기 위해서는 차압을 증가시켜야 할 것으로 생각된다.

4. 결 론

고온의 로켓엔진 후류를 효과적으로 냉각시키는 물분사 방식과 유량을 찾기 위해 다양한 유량과 방식에 대해 수치적으로 고찰하였고, 측면분사 방식보다는 중앙분사 방식이 보다 효율적임을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Fluent Inc., 2006, Fluent manual, version 6.3.